

Kierunek minimalizacji powstania odpadów podczas budowy sieci wodociągowej i kanalizacyjnej

The direction of waste minimization during the construction of the water supply and sewage system

Mateusz Nerkowski^{*)}

Słowa kluczowe: GOZ-Gospodarka obiegu zamkniętego, minimalizacja powstawania odpadów, wodociąg, kanalizacja, PE, PP, żeliwo sferoidalne, kamionka

Streszczenie

Praca obejmuje analizę możliwości wykorzystania rur wodociągowych i kanalizacyjnych pozostałych po wybudowaniu odcinka sieci, pod kątem gospodarki obiegu zamkniętego. Przenalizowano materiały używane do budowy:

- wodociągu: żeliwo sferoidalne oraz polietylen,
- kanalizacji: kamionka oraz poliwęglan.

Na podstawie projektów istniejących już sieci na terenie Warszawy ustalono, jaka ilość materiału pozostanie po wybudowania rurociągu z danego materiału oraz w jaki sposób można wykorzystać materiał pozostały po budowie w ramach GOZ.

Przenalizowano możliwość wykorzystania materiału w branży budowlanej oraz zweryfikowano zastosowanie biorąc pod uwagę w szerszym aspekcie gospodarki.

Keywords: : CE-closed economy, waste minimization, water supply, sewerage, PE, PP, ductile iron, vitrified clay

Abstract

The work includes an analysis of the possibility of using water and sewage pipes remaining after the construction of a network section, in terms of a closed-loop economy. The analysed materials used for the construction were:

- water mains: ductile cast iron and polyethylene,
- sewerage: stoneware and polycarbonate.

Based on designs of existing networks in Warsaw, it was determined how much material would remain after a pipeline was built using a given material and how the material remaining after construction could be used within the framework of GOZ.

The possibility of using the material in the construction industry was analysed and its application in a wider aspect of the economy was verified.

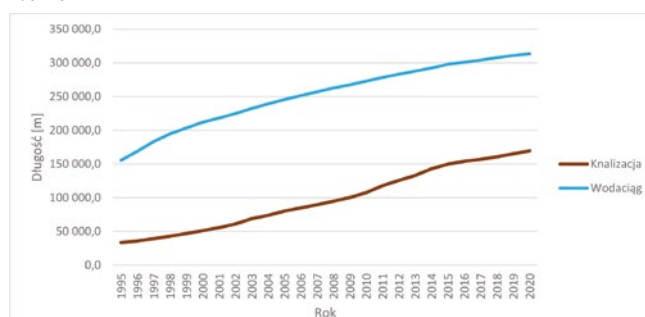
1. Wstęp

1.1 Infrastruktura wodociągowa

Infrastrukturę można rozumieć jako zespół składający się z podstawowych urządzeń oraz instytucji niezbędnych do prawidłowego funkcjonowania gospodarki oraz bytowania ludzi. [Ginsbert-Gernt, 1976 [11]. Sieć infrastruktury komunalnej stanowi zespół urządzeń infrastruktury technicznej, obejmujących dostarczenie wody oraz odbiór i oczyszczenie wyprodukowanych przez gospodarstwo domowe ścieków. Rozwój infrastruktury komunalnej jest niezbędny do zapewnienia bezpieczeństwa sanitarnego w danej okolicy. Wielopłaszczyznowo rozpatruje się konieczność jej budowy, zależy to w znacznym stopniu od rodzaju i gęstości zabudowy, liczebności ludności, ukształtowania terenu, zasobów finansowych oraz możliwości dostarczenia lub rodzaju odbiorców wody lub ścieków. Literatura przedmiotu podaje, że część terenów, nawet w większych miastach, może mieć problem z doprowadzaniem sieci komunalnej do poszczególnych posesji. W przypadku urządzeń sieciowych panuje ogólna zasada, iż zwiększona skala inwestycji zmniejsza nakład jednostkowy na budowę [11].

O istotności sieci komunalnej w gospodarce świadczy mnogość pełnionej przez nią funkcji: przesyłowa, integracyjna, transferowa, usługowa [Lesniak 1985].

Na rys. 1 przedstawiono rozwój sieci wodociągowej i kanalizacyjnej w Polsce.



Rys. 1 Długości sieci wodociągowej i kanalizacyjnej w Polsce 1995-2020 (GUS opracowanie własne).

Fig. 1 Length of the water supply and sewerage system in Poland 1995-2020 (GUS own study).

^{*)} Mateusz Nerkowski, inż., Przedsiębiorstwo Budowlano Inżynieryjne Partner Biss Sp.ZOO, Student Politechnika Warszawska, nerk.mat@gmail.com

2.3 Obieg zamknięty

Zmiany klimatu oraz zanieczyszczenie środowiska stanowią coraz istotniejszy problem w funkcjonowaniu ekosystemu naturalnego oraz gospodarki człowieka. Rozwój gospodarki wiąże się z koniecznością produkowania zarówno dóbr konsumpcyjnych, jak i elementów przemysłu ciężkiego. Problem stanowi fakt, że już w latach siedemdziesiątych XX wieku przekroczyliśmy jako ludzkość granice bezpiecznej Eksploatacji Ziemi [13]. Sami możemy zaobserwować jak wiele odpadów wytwarzają nasze gospodarstwa domowe jak i zakłady pracy. Obecnie stale wzrasta ilość wytwarzanych odpadów, aż 95% plastikowych opakowań nie jest powtórnie wykorzystana a około 60% materiałów traktowane jest jako odpad, czyli nie są planowane do ponownego użycia. [5].

Jednym ze sposobów zmniejszenia presji na środowisko, z jednoczesnym zapewnieniem stabilnego rozwoju gospodarczego, jest koncepcja zrównoważonego rozwoju. Rozwój ten ma na celu ciągłą poprawę jakości życia oraz osiągnięcie dobrobytu współczesnych i przyszłych pokoleń. Uwzględnia on jednocześnie konieczność ochrony środowiska naturalnego przed nadmierną i niepowstrzymaną eksploatacją. Zrównoważony rozwój ma być realizowany w UE poprzez implikację takich dokumentów jak: konwencje, traktaty, dyrektywy, ustawy, strategie, plany, komunikaty, narzędzia zarządzania środowiskowego, programy ochrony środowiska. Jednym z elementów systemu ZR jest gospodarka obiegu zamkniętego.

Koncepcja gospodarki o obiegu zamkniętym (CE) znajduje coraz większe poparcie i lepsze odzwierciedlenie w polityce państw, sektorów gospodarki, firm oraz działań proekologicznych obywateli. Zasadniczo proste przesłanie tego pomysłu polega na przejściu od liniowych procesów produkcyjnych do procesu cyrkularnego [13]. Głównym celem i założeniem GOZ (Gospodarki Obiegu Zamkniętego) jest ograniczenie powstania odpadów do minimum oraz utrzymanie materiału w obiegu zamkniętym, w możliwie najdłuższym czasie. Ważnym punktem jest również racjonalne wytwarzanie surowców. Wydobycie materiałów kopalnych jest coraz droższe i równocześnie niebezpieczne dla środowiska naturalnego. W ramach GOZ odpad może zostać wykorzystany jako surowiec niezbędny do wyprodukowania kolejnego produktu.

GOZ jest to systemowa zmiana funkcjonowania gospodarki z: wyprodukuj-użyj-wyrzuć (w-u-w) na: wyprodukuj-użyj-powtórz (w-u-p). Dzięki tym działaniom wyeliminowano pojęcie „odpad” oraz doprowadzono do traktowania odpadu jako surowiec [8].

Niezbędną kwestią dla wprowadzania prawidłowego funkcjonowania GOZ „jest oparcie jej na solidnych filarach ekonomicznych, ekologicznych oraz społecznych, w tym rozwiązaniach prawnych.

W budownictwie zagadnienie obiegu zamkniętego istniało już od dawna. Głównym przykładem budulca, wykorzystywanego w budownictwie w ramach obiegu zamkniętego, jest gruz. W czasie demontażu oraz rozbiórek domów, murków lub innych elementów budowlanych powstaje gruz. Jest to element, który można wykorzystać na przykład jako podkład pod budowę drogi. Również inne elementy z rozbiórek mogą być wykorzystywane. Drewno można wykorzystać jako surowiec do opału. Elementy stalowe, np. gwoździe blachy, mogą stanowić podstawę do wytopu innych elementów metalowych. W przemyśle budowlanym stosuje się również próby zastąpienia paliw kopalnych paliwami alternatywnymi. Literatura przedmiotu podaje, że niektóre z cementowni osiągnęły 80% stopień zastąpienia węgla kamiennego paliwami alternatywnymi [7].

Obieg zamknięty można również wdrażać przy budowie wodociągów oraz kanalizacji. Ważnym aspektem jest w tym przypadku ponowne wprowadzenie do obiegu odcinków rur, pozostałych po wybudowaniu fragmentów wodociągowej i kanalizacyjnej.

3. Materiał i Metodyka

3.1 Sieć wodociągowa

3.1.1 Żeliwo Sferoidalne

Budowa rurociągów ciśnieniowych z żeliwa sferoidalnego opiera się głównie o rury o połączeniu kielichowym. Takie rozwiązanie jest preferowane przez Miejskie Przedsiębiorstwo Wodociągów i Kanalizacji (MPWiK) oraz zawarte jest w wytycznych technicznych. Rury są produkowane w sztangach długości 6m. W sztangach są standardowo sprzedawane i dostarczane na teren budowy. W zależności od potrzeby, na jednym rurociągu stosuje się połączenie blokowane lub elastyczne. W wielu przypadkach nie można, z racji warunków terenowych, projektować oraz budować rurociągów jedynie z pełnych sztang 6m. Przycinanie sztang jest konieczne w przypadku zmiany przebiegu rurociągu w pionie oraz poziomie.

Kielichy mają tolerancje odchylenia o kąt do 5°. W przypadku większego kąta odchylenia konieczne jest zastosowanie łuku. Skracanie rur niezbędne jest również w przypadku montowania armatury oraz zmiany rodzaju łączenia, np. z połączenie kielichowo-belkowane na kielichowo-elastyczne. Rury przycina się także w celu uzyskania prostek, służących do łączenia krótkich odcinków.

• Przykład I

Na rys. 5 przedstawiono projekt wodociągu na ulicy Orkana w Warszawie. Spinka wodociągowa z żeliwa sferoidalnego ma długość $L = 115,5\text{m}$; wykonana jest z rur z żeliwa sferoidalnego o średnicy DN100.

Połączenia rur zaprojektowano jako kielichowo-elastyczne, kielichowe blokowane stosowane w rurach osłonowych i na załamaniach trasy oraz kołnierze w węzłach. Przy trójnikach i załamaniach należy stosować typowe bloki oporowe, zgodne z zaleceniami producenta rur. Rury osłonowe zaprojektowano przy przejściu projektowaną siecią wodociągową DN100mm w sąsiedztwie komory ciepłowniczej oraz pod siecią ciepłowniczą kanałową. Na długości rurociągu zaprojektowano niezbędną armaturę.

Projektowany rurociąg będzie miał łączną długość 115,5m, w tym z żeliwa sferoidalnego o łączeniu blokowanym 35 m i o łączeniu elastycznym 80,5 m. Do budowy zostanie wykorzystanych 11 pełnych sztang o połączeniu elastycznym oraz 3 pełne sztangi o połączeniu blokowanym. Dodatkowo poza pełnymi sztangami należy przyciąć je do krótszych odcinków (tab.1).

W przypadku rur o połączeniu elastycznym należy wyciąć rury o długościach odcinków: 3,5 m; 2,3m; 4,9m; 4,1 m. Oznacza to, że należy przyciąć sztangi. Łączna długość tych odcinków to 14,75m, trzeba w tym celu zakupić 3 sztangi [18mb]. Z nich należy w jak

Tabela 1 Zestawienie rur z żeliwa sferoidalnego Przykład 1 (opracowanie własne)

Table 1 List of ductile iron pipes Example 1 (own elaboration)

SZTANGI POŁĄCZENIA ELASTYCZNE				SZTANGI POŁĄCZENIA BLOKOWANE			
PEŁNE SZTANGI		SZTANGI DO PRZYCIĘCIA		PEŁNE SZTANGI		SZTANGI DO PRZYCIĘCIA	
ILOŚĆ	DŁUGOŚĆ	ILOŚĆ	DŁUGOŚĆ [m]	ILOŚĆ	DŁUGOŚĆ	ILOŚĆ	DŁUGOŚĆ [m]
11	6	1	3,5	3	6	1	5,5
			2,3				3,5
			4,9				0,8
							5
			4,1				0,9
							1,5

najbardziej ekonomiczny, najmniej materiałochłonny sposób wycięć niezbędne odcinki. Najbardziej ekonomicznym rozwiązaniem jest wycięcie rur o długości 3,5m i 2,3m z jednej sztangi 6m, z kolei odcinki o długości 4,1 oraz 4,9m, każdy z jednej 6m sztangi. Na skutek takiego działania zostanie po ukończeniu budowy rury o długości: 0,2 m, 1,1m, 1,9m.

Do wykonania fragmentu rurociągu z rur kielichowych blokowanych wykorzystano trzy pełne sztangi oraz odcinki o długości 5,5 ; - 3,5 ; 0,8; 5; 0,9 ;1,5 m. Z jednej sztangi wycięto odcinek 5,5m z drugiej 5 i 0,9m [5,9m] z trzeciej odcinki 3,5:1,5 oraz 0,8m [5,8m]. Po wycięciu tych odcinków z 6m sztang zostaną odcinki o długościach: 0,5m, 0,1m i 0,2 m.

Montowanie części armatury, poza koniecznością przycinania i dopasowywania rur ,pochłania dodatkowe zasoby materiałowe. Przykładem takiego elementu jest hydrant podziemny. Składa się on z podstawy dolnej oraz głowic. Między nimi zamontowana jest rura o średnicy DN80 z żeliwa sferoidalnego. W zależności od zagłębienia rur ma on zmienną długość. Również w tym przypadku, przy zastosowaniu żeliwa sferoidalnego należy zamówić sztangi o długości 6m rur kołnierzkowych. Przy projektowaniu jesteśmy w stanie określić niezbędną długość, tj. zagłębienie danego hydrantu. Jednak między opracowaniem projektu, a wykonaniem robót mija parę lat. Ukształtowanie terenu może ulec nieznacznej zmianie. Czego konsekwencją może być wydłużenie lub skrócenie rury hydrantowej. Z takiej przyczyny mogą powstać kilkunastocentymetrowe odcinki rur, które należy zagospodarować. Kolejnym przykładem materiału, który może powodować pozostawanie materiałów po zakończeniu prac budowlanych są prostopadła, które są wycinane w czasie prac budowlanych. Na ich pozyskanie należy również wykorzystać materiał. W omawianym przypadku hydranty są umieszczone na głębokościach: 1,9m oraz 1,8m.

• Przykład 2

Na rys. 7 przedstawiono projekt wodociągu na ulicy Mazurskiej w Warszawie. Spinka wodociągowa z żeliwa sferoidalnego ma długość $L=185,4m$, wykonana jest z rur z żeliwa sferoidalnego o średnicy DN100.

Połączenia rur zaprojektowano jako kielichowo-elastyczne oraz kołnierzkowe w węzłach. Przy trójkątach i załamaniach należy stosować typowe bloki oporowe zgodne z zaleceniami producenta rur. Na długości rurociągu zaprojektowano niezbędną armaturę.

Tabela 2 Zestaw długości sztang z żeliwa sferoidalnego Przykład 2 (opracowanie własne)

Table 2 Set of ductile iron bar lengths Example 2 (own elaboration)

SZTANGI POŁĄCZNIWA ELASTYCZNE			
PEŁNE SZTANGI		SZTANGI DO PRZYCIĘCIA	
ILOŚĆ	DŁUGOŚĆ	ILOŚĆ	DŁUGOŚĆ [m]
28	6	1	1,5
			5,6
			1,8
			4,8
			0,8
			2,9

Projektowany wodociąg będzie miał łączną długość 185,5 m i całościowo będzie zbudowany z rur o połączeniu kielichowo-elastycznym. Do budowy zostanie wykorzystanych 28 pełnych sześciometrowych sztang o połączeniu elastycznym. Należy również poza pełnymi sztangami wykonać krótsze odcinki rur. Zestawicie rur w tab. 2.

Przygodowe będą odcinki o długościach 1,5m, 5,6m, 1,8m, 4,8m, 0,8m, 2,9m. Łączna długość tych odcinków to 17,5m. Najbardziej ekonomicznym rozwiązaniem jest wycięcie rur o długości 1,8m, 0,8m i 2,9 m z jednej sztangi 6m zostanie odcinek 0,5m, z drugiej sztangi odcinek o długości 4,8 , zostanie odcinek 1,2m. Z trzeciej i czwartej sztangi odcinki długościach 1,5m oraz 5,5m. Z dwóch sztang zostaną odcinki o długości 4,5m i 0,5 m. W celu wycięcia powyższych odcinków należy zamówić 4 pełne 6 m sztang.

3.1.2 Polipropylen

Polietylen (PE) jest materiałem stosowanym do produkcji wodociągów. Zakres dostępnych średnic jest szeroki, w sprzedaży są średnice od DN 25 do DN 800. Grubość ścianek raz możliwość przenoszenia obciążeń zależna jest od rodzaju rury, dobiera się je odpowiednio z katalogów, w zależności o wymagań projektowych. Według zaleceń MPWiK z polietylenu buduje się przyłącza wodociągowe oraz kanalizacyjne. Zaletą polietylenu, pod kątem budowy wodociągów, jest możliwość wyginania rury, prowadzenia rur po łuku na długich odcinkach oraz większy zakres kątów na załamaniach trasy.



Rys. 2 Rury w Zwojach (katalog Kaczmarczyk)

Fig. 2 Coiled Tubes (Kaczmarczyk catalog)

Rury DN100 są sprzedawane w 50 oraz 100 metrowych nawijanych zwojach. Łuki mają bardzo szerokie zakresy, można zastosować kąty od 1° do 90° przy dokładności do 1°. Były one łączone z prostymi odcinakami rur za pomocą zgrzewania czółowego. Przy montowaniu armatury z żeliwa do rur polietylenowych niezbędne jest zastosowanie łącznika kołnierzkowego (rys 5.)



Rys.3 Łącznik rurowo-kołnierzkowy (katalog: armatura-specjalistyczna-saint-gobain-pam)

Fig. 3 Pipe-flange connector (catalog :fittings-specialist-saint-gobain-pam)

• Przykład 1

Na rys.6 przedstawiono wodociąg, w którym zostaną wykorzystane rury polietylenowe ze szpuli. Łączna długość wodociągu wynosi 115,5. Aby wykonać rurociąg należy zamówić jedną szpulę 100m oraz jedną szpulę 50m. Ze szpuli wycina się odcinki o długości: 27,1m, 29,6m, 38,6m, 0,8m, 6,9m, 5,0m, 2,0m, 2,5m. Przykładowo ze szpuli 100m zostaną wycięte odcinki: 27,1m, 29,6m, 38,6m oraz 2

i 2,5m. Zaś ze szpuli 50m wycięte zostaną odcinki: 0,8m, 6,9m, 5,0m. Z dłuższej szpuli otrzymamy 0,2m, a z krótszej 37,3m. Dzięki tym działaniom pozyskano długi odcinek mogący zostać wykorzystany przy kolejnych inwestycjach.

Jako uzbrojenie sieci wodociągowej zaprojektowano zasuwę liniową DN 100mm oraz hydrant podziemny DN 80mm z żeliwa sferoidalnego. Rury na złamaniach oraz zmianach kierunku przebiegu łączy się ze sobą za pomocą łuków segmentowych. W przykładzie 1b użyto łuków o rozwartości: 12°, 1°, 94°, 9°, 90°, 90°, 1°. Do połączenia rur z polietylenu z armaturą wykorzystano 6 łączników rurowo kołnierzowych. Po budowie wodociągu z polietylenu dla omawianego przykładu pozostanie jedynie odcinek o długości 20 cm oraz opiłki krótkie elementy powstałe w czasie przygotowanie rury do zgrzewania np.: przycinania elementów.

• Przykład II

Na rys. 8 przedstawiono wodociąg, w którym zostaną wykorzystane rury polietylenowe ze szpuli. Łączna długość wodociągu wynosi 185,4m, aby wykonać taki projekt należy zamówić dwie szpule o długości 100m. Ze szpul zostaną wycięte odcinki o długościach: z pierwszej szpuli odcinek: 97,1m, a z drugiej szpuli odcinki: 31,8m, 6m, 6m, 4,7m, 6,0m, 6,8m oraz 27m. Do budowy użyto łuków o rozwartości: 2x 4°, 2x 3°, 2x 14° oraz 11. Do połączenia rur z polietylenu z armaturą wykorzystano 3 łączniki rurowo kołnierzowe. Jako uzbrojenie sieci wodociągowej zaprojektowano zasuwę liniową DN 100mm oraz hydrant podziemny DN 80mm z żeliwa sferoidalnego.

3.2 Sieć Kanalizacyjna

3.2.1 Kamionka

MPWiK na terenie miasta Warszawy wymaga projektowania kanalizacji sanitarnej oraz deszczowej z określonych materiałów, np.: kamionka, polimerobeton, żeliwo sferoidalne, żelbet, polietylen. Kanalizacyjne sieci grawitacyjne najczęściej buduje się z kamionki. Rury kamionkowe są połączeniem iłu lub gliny o wielkości ziaren 0,2-0,002mm oraz szamotu, będącego wypalaną już gliną. Rury kamionkowe mają podobny sposób łączenia jak rury z żeliwa sferoidalnego – jest to połączenie kielichowe z uszczelką. Rury są produkowane w sztangach o długości 2,5m. Mogą być one przycinane za pomocą pił, w tym pił elektrycznych. Do mniejszych rozmiarów wykorzystuje się specjalne łańcuchy do przecinania rur. W czasie budowy rurociągów zamawia się odpowiednią ilość sztang w zależności od długości odcinka sieci kanalizacyjnej. Rury kanalizacji grawitacyjnej muszą mieć zapewniony spadek w kierunku studzienki oraz kanału zbiorczego. Minimalne spadki zależą od średnicy rur, Do wyliczeń stosuje się wzór $I_{min} = 1/D$ [%], gdzie D oznacza średnicę kanału. Spadki dla poszczególnych średnic przedstawione zostały w ta.i 3.

Tabela 3 Minimalne spadki dna kanałów grawitacyjnych (wytyczne MPWiK)

Table 3 Minimum gradients of gravity sewer bottoms (MPWiK guidelines)

SPADEK [%]	ŚREDNICA [m]
5‰	0,2
4‰-w szczególnych przypadkach	
3‰	0,3
1‰	>1,0
0,5‰-w szczególnych przypadkach	

Kielichy w rurach są łączone na sztywno, nie mogą być wyginane. Jeśli niezbędna jest zmiana kierunku lub spadku rurociągu należy zastosować studzienkę kanalizacyjną lub łuki. Studzienki takie zapewniają duży zakres zamiany kątów przebiegu instalacji, dają także możliwość włączenia kilku kanałów do jednej studzienki. Stosować można również łuki w zakresie od 15° do 30°, rozwiązanie takie

jest wykorzystywane jedynie w mniejszych średnicach rur do DN300. Przy projektowaniu kanału zbiorczego w ulicy należy zaprojektować również przyłącza do prywatnych działek, z których odprowadzane będą ścieki. Przyłącza takie mają w większości średnice DN160, głównym materiałem użytym do budowy jest polietylen. Z kanalizacją zbiorczą przebiegającą najczęściej w drodze dojazdowej do posesji są połączone za pomocą studzienek lub trójników (rys.4.)



Rys. 4 Trójnik 90 (katalog SYSTEMY STEINZEUG-KERAMO)

Fig. 4 T-pipe 90 (STEINZEUG-KERAMO SYSTEMS catalog)

• Przykład 3

Przykład 3 ukazuje projekt kanalizacji ogólnospławnej na ul. Żółwiej o długości $\emptyset 0,30m$ $\Sigma L=380,3m$ wraz z odcinkami sieci $\emptyset 0,16m$ $\Sigma L=31,0m$ od kanału głównego do granic nieruchomości na terenie Dzielnicy Bielany w Warszawie.

Celem zaprojektowania i budowy kanalizacji ogólnospławnej jest odprowadzenie ścieków bytowo – gospodarczych z budynków w rejonie. Główny kanał ogólnospławny o średnicy $\emptyset 0,30m$ jest zbudowany z kamionki, zaś przyłącza doprowadzające ścieki z posesji skonstruowane są z polietylenu. Kanał ma jednolite spadki, w pikiertarzu między 0-258,7m spadek wynosi 3%, a w odcinku 257,7-348,7m wynosi 5%. Spadki odcinków sieci doprowadzanych do posesji wachają się między 1,5-15%. Profil został przedstawiony na rys. 9 i 10.

Do wykonania odcinka kanalizacyjnego z kamionki niezbędne jest wykorzystanie 148 pełnych sztang-rur o długości 2,5m. Dodatkowo należy z rur wyciąć odcinki o niestandardowych długościach tak, aby pozostało jak najmniej odpadów. Wycinki rur oraz optymalne ich wycięcie z pełnej sztangi 2,5m, zostały przedstawione w tab. 4. Odcinki, które pozostaną po zakończeniu budowy mają długość: 0,5m; 0,1m; 0,1m; 0,2m; 0,8m; 1,5m.

Tabela 4 Zestawienie rur Przykład 3 (opracowanie własne)

Table 4 Pipe arrangement Example 3 (own elaboration)

RURY PEŁNE		RURY PRZYCIĘTE		PROPONOWANE POŁĄCZENIE [m]	POZOSTAŁOŚCI [m]			
ILOŚĆ	DŁUGOŚĆ	ILOŚĆ	DŁUGOŚĆ					
143	2,5	1	1,4	2,5	-			
			1,1					
			1,7	2,5	-			
			0,8					
			0,9					
			7	0,5	1	1,1	2,4	0,5
						1,3		
1,2	2,4	0,1						
1,3								
0,2								
7	0,5	1				2,2	2,4	0,1
						1,1		
						1,3	2,4	0,1
						1,2		
						1,3		
7	0,5	1	0,7	2,5	-			
			1,6					
			1,7	2,3	0,2			
			1,7					
1	1,7	0,8						
1	1	1,5						

3.2.2 Polietylen

Alternatywą dla budowy rurociągu z kamionki może być polipropylen PP lub polichlorek winylu PVC. Poza kamionką do budowy studzienek wykorzystuje się materiały takie jak: żelbetowe, betonowe lub polimerbetonu. Studzienki z tworzyw sztucznych stosuje się często na działkach prywatnych, szczególnie w przypadkach, gdy nie ma dużego obciążenia z góry lub zagrożenia uszkodzenia. W przypadku sieci miejskich MPWiK wymaga zgody spółki na wykonanie takiego rozwiązania. Rury PVC produkuje się w rozmiarach od DN160-500, dla PP jest to szerszy zakres DN110-800. PP jest wytrzymalsze i może być stosowane w przypadku wyższych temperatur, dlatego jest częściej stosowany w rurach kanalizacji zbiorczej. Rury PP są produkowane i sprzedawane w sztangach o długości 6 m. Aby wybudować rurociąg długości L=380,3m należy przygotować 65 rur o łącznej długości 390 m. W przypadku rur polipropylenowych w sztangach nadwyżki materiałowe mogą być podobne jak w przypadku kamionki. Po zakończeniu budowy zostaną odcinki o długości 0,7; 3x0,6; 2x0,1; 1,3; 3,2; 2,5 [m].

4. Analiza i dyskusje

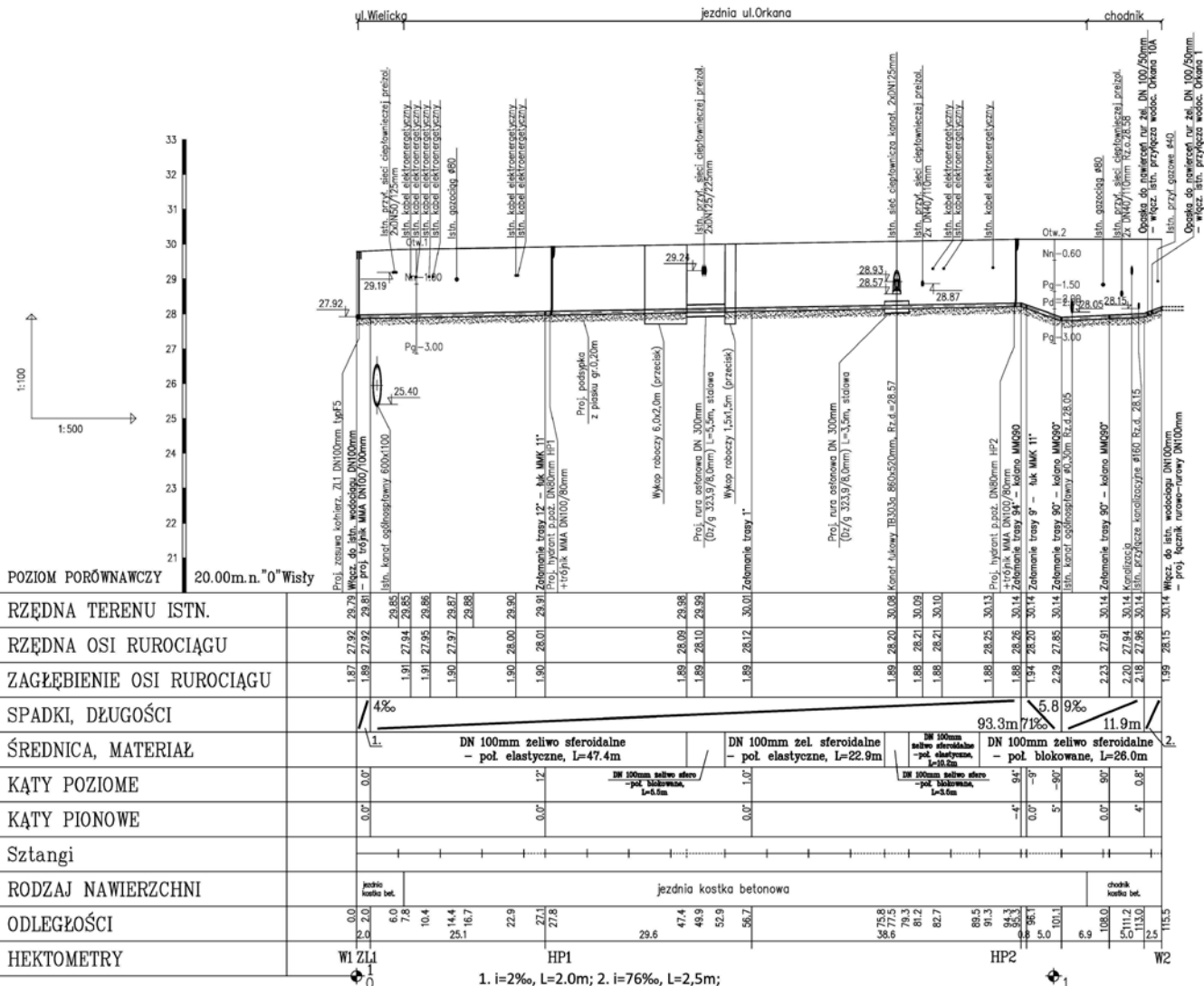
4.1 Porównanie odpadów z różnych typów materiałów

Wybranie najkorzystniejszego materiału pod budowę wodociągów i kanalizacji należy rozpatrywać wielopłaszczyznowo. Istotnymi

Tabela 5 Zestawienie rur PP Przykład 3

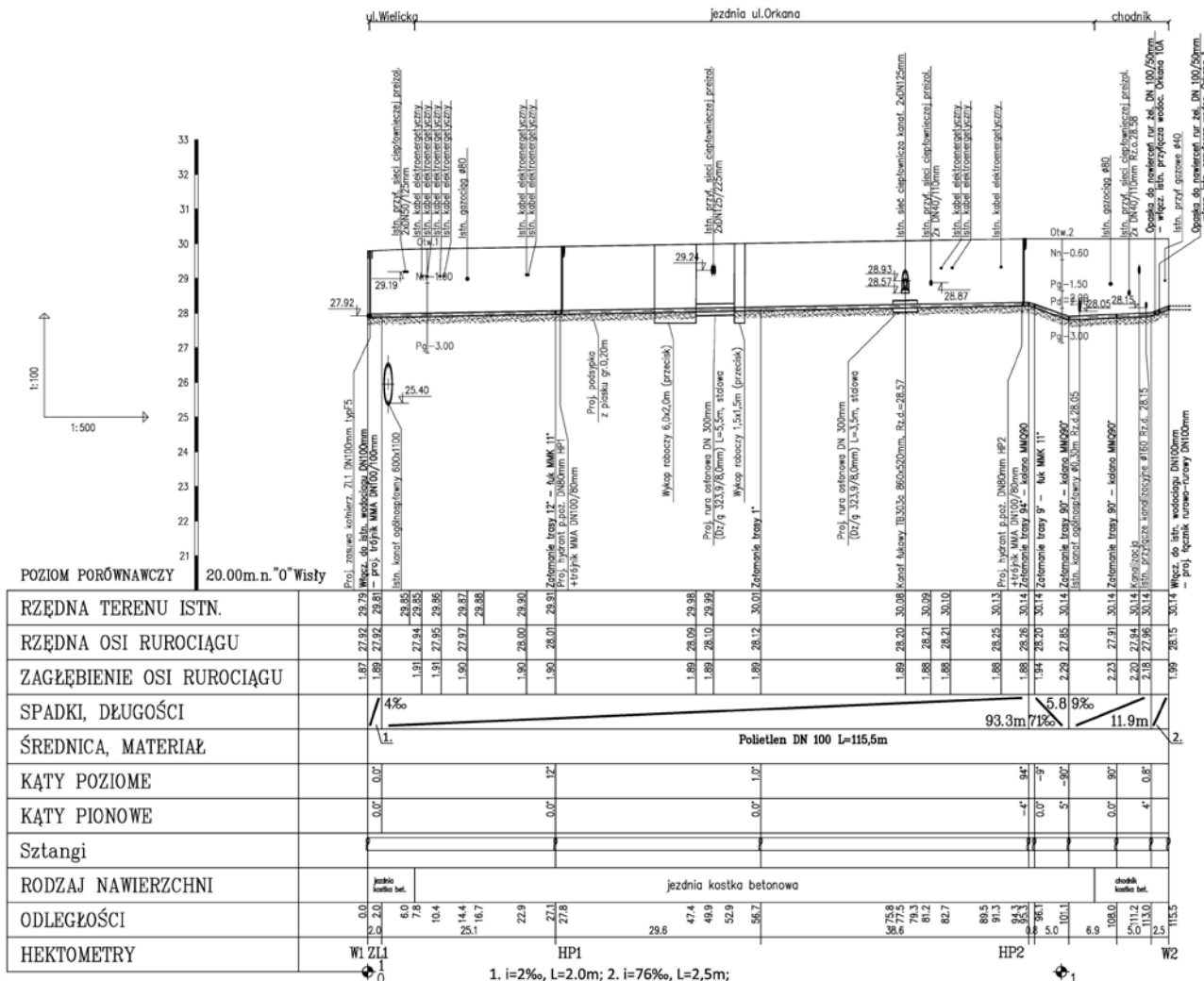
Table 5 PP Pipe combinations Example 3

RURY PEŁNE		RURY PRZYCIĘTE		PROPONOWANE POŁĄCZENIE [m]	POZOSTAŁOŚCI [m]
ILOŚĆ	DŁUGOŚĆ	ILOŚĆ	DŁUGOŚĆ [m]		
56	6	1	5,3	5,3	0,7
			5,4	5,4	0,6
			5,4	5,4	0,6
			5,4	5,4	0,6
			3,1	5,9	0,1
			2,8		
			3,8		
			0,9	4,7	1,3
			2,4		
			2	5,9	0,1
			1,5		
			2,8	2,8	3,2
			3,5	3,5	2,5

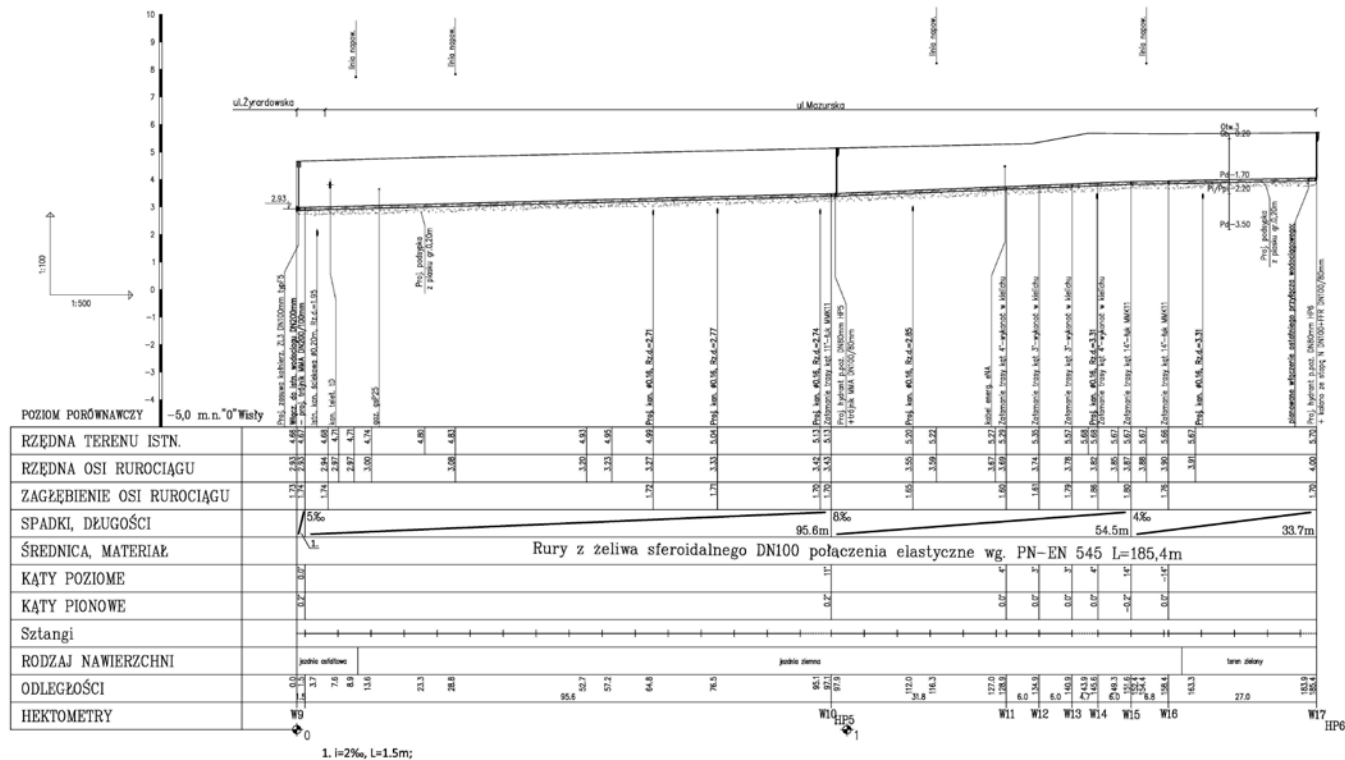


Rys. 5 Profil sieci wodociągowej dla żeliwa sferoidalnego Przykład 1

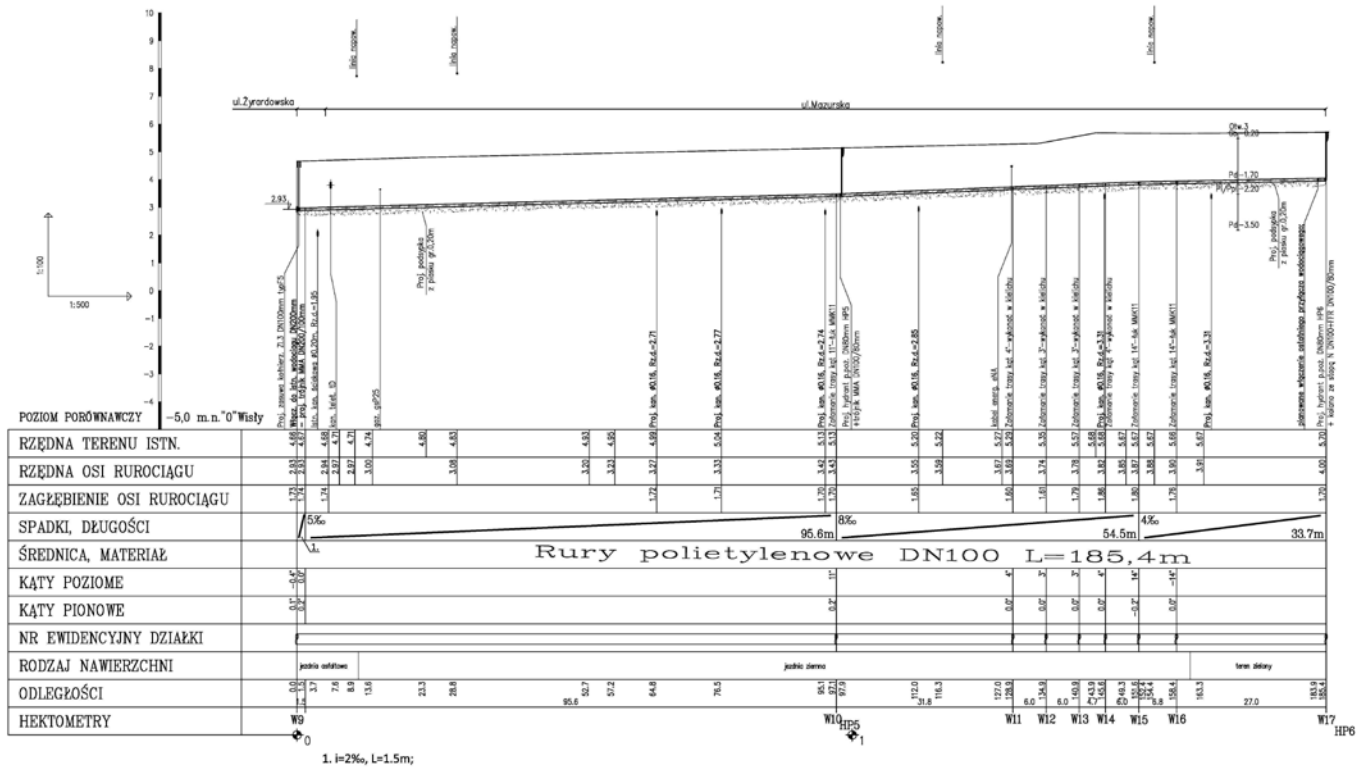
Fig. 5 Water mains profile for ductile iron Example 1



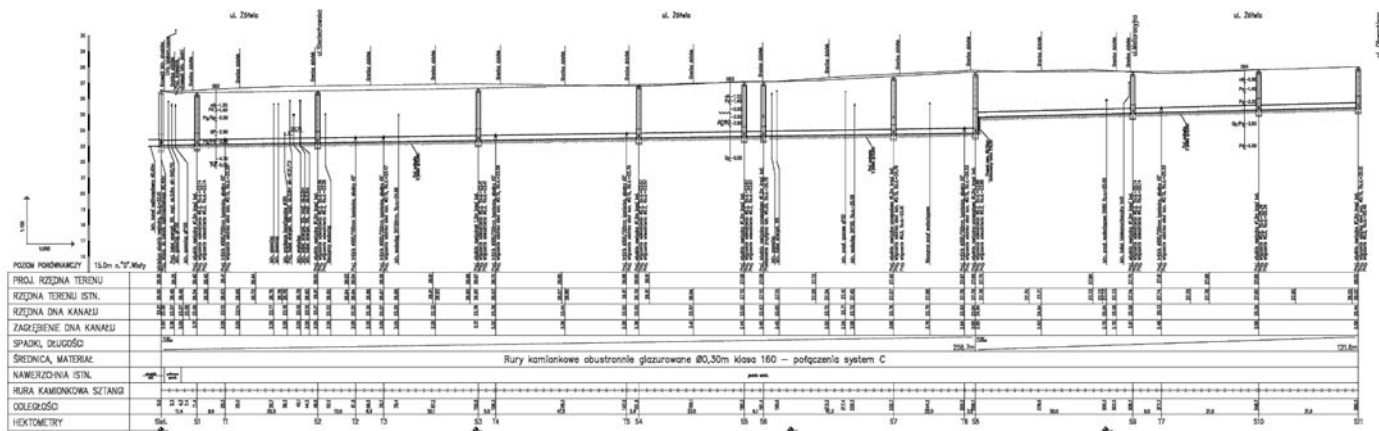
Rys. 6 Profil sieci wodociągowej dla polietylenu Przykład 1
 Fig. 6 Water mains profile for polyethylene Example 1



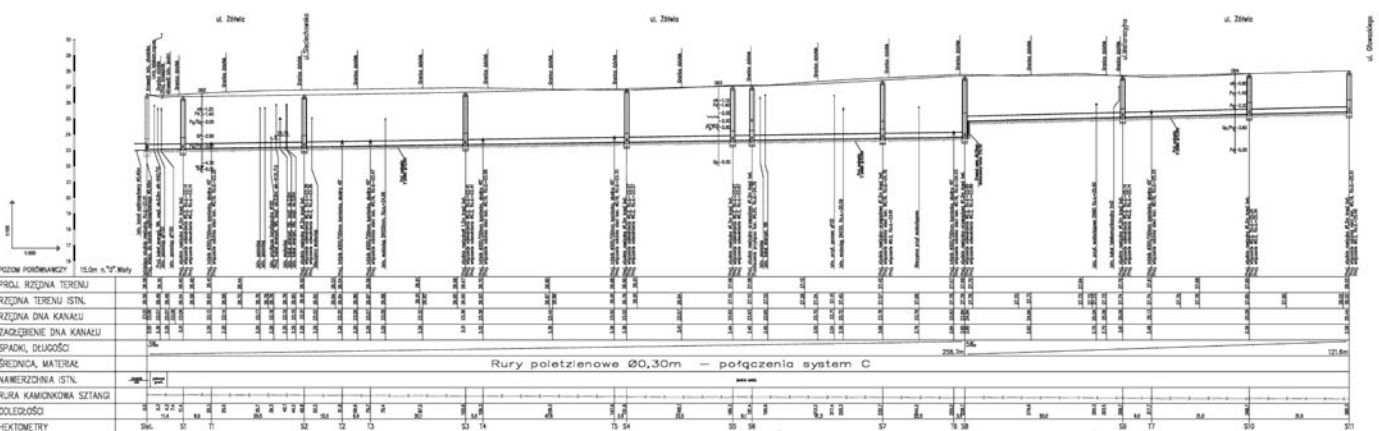
Rys. 7 Profil sieci wodociągowej dla żeliwa sferoidalnego Przykład 2
 Fig. 7 Water mains profile for ductile iron Example 2



Rys. 8 Profil sieci wodociągowej dla polietylenu Przykład 2
 Fig. 8 Water mains profile for polyethylene Example 2



Rys. 9 Profil sieci kanalizacyjnej dla kamionki Przykład 3
 Fig. 9 Profile of a sewer network for vitrified clay Example 3



Rys. 10 Profil sieci kanalizacyjnej dla PP Przykład 3
 Fig. 10 Sewer network profile for PP Example

elementem są: wytrzymałość, dostępność materiału, łatwość montażu, odporność na korozję oraz zarastanie-zmniejszenie prześwitu. Poza technologicznym aspektem istotne jest podejście pod kątem zrównoważonego rozwoju. Należy dobrać takie materiały, aby wytwarzały jak najmniej odpadów oraz by pozostałości po budowie rurociągu, które zostały wytworzone, zostały zagospodarowane w ramach obiegu zamkniętego.

Tabela 6 Zestawienie pozostałych rur po zakończeniu budowy wodociągu
Table 6 Overview of remaining pipes after completion of water main construction

PRZYKŁAD	RODZAJ RURY	DŁUGOŚĆ ODCIĘTYCH ELEMENTÓW [m]	ŚREDNICE
I	Żeliwo sferoidalne Kielichowo-Elastyczne	0,2	DN100
		1,1	
		1,9	
	Żeliwo sferoidalne Kielichowo-Blokowane	2 x 0,5	
		0,1	
	Polietylen	0,2	
II	Żeliwo sferoidalne Kielichowo-Elastyczne	2 x 0,5	DN300
		1,2	
		4,5	
	Polietylen	2,9	
		14,6	
III	Kamionka	0,5	DN300
		2 x 0,1	
		0,2	
		0,8	
		1,5	
	Polipropylen	0,7	
		3 x 0,6	
		2 x 0,1	
		1,3	
		3,2	
2,5			

W tab. 6 przedstawiono zestawienie odcinków rur wodociągowych i kanalizacyjnych, powstałych po zakończeniu budowy. Rury należy rozpatrzyć pod kątem ilości oraz długości pozostawionego rur z każdego materiału. Wyróżnia się cztery kategorie materiałów: żeliwo sferoidalne, polietylen, polipropylen oraz kamionka. Można je pogrupować na docinki krótsze, niż metr oraz dłuższe od tej wartości. Odcinki o długości powyżej metra mogą znaleźć zastosowanie np. w czasie budowy przyłączy do działek prywatnych. Wodociąg oraz kanalizacja projektowana jest w drogach lub chodnikach na działkach będących własnością publiczną. Działki takie mają kilka metrów szerokości. Odległość od kanału do granicy działki wynosi między od jednego do kilku w szczególnych przypadkach kilkunastu metrów. Można więc wykorzystywać do budowy przykanalików rury o długości powyżej 1m.

W przypadku rur polietylenowych pozostały dwa bardzo długie odcinki 38,6m oraz 14,6m. Odcinki te są wystarczającej długości, by wykorzystać je w kolejnych projektach budowlanych jako elementy głównej sieci. Odcinek o długości 2,9m należy wykorzystać jako przyłącze. W przypadku żeliwa sferoidalnego pozostały 4 odcinki powyżej 1m długości. Najdłuższy miał 4,5 m długości. Jest on na tyle długi, że w całości może zostać wykorzystany jako przyłącze. Podobnie długość mają odcinki z polietylenu. Mają one jednak

większe średnice DN300. Dlatego ich zastosowanie jako przyłączy jest ograniczone. Jest to zbyt duży kanał jak na użytek domów jednorodzinnych. Mogą natomiast posłużyć jako przyłącza dla zakładów przemysłowych lub osiedli.

Krótkich odcinków z polietylenu jest niewiele, bo zaledwie jeden. Ma on długość 0,2m. Może być problematyczne jego wykorzystanie w sieci. W przypadku budowy rurociągu z żeliwa sferoidalnego pozostaje więcej krótkich odcinków. Dla Przykładów I i II jest to łącznie sześć odcinków. Ilość odcinków rur o długości mniejszej do metra dla kamionki oraz polietylenu była podobna. Dla PP było to 6 dla kamionki 5 odcinków. Należy podkreślić, że dla wszystkich Przykładów rurociągi: żeliwa sferoidalnego, kamionki oraz PP są budowane z sztang mocowanych do siebie mechanicznie. Jednie rury z PE są zgrzewne i to przy ich użyciu pozostaje mało odcinków krótkich.

Należy również zwrócić uwagę na koszty materiału. Cena rury DN100 żeliwa-sferoidalnego wynosi około 200zł/mb. Rura wodociągowa o tej samej średnicy wynosi około 50zł/mb. Dodatkowo rura z PE jest lżejsza i tańsza w transporcie. Koszt zakupu 1m rury kamionkowej to 120 zł a rury PP waha się w granicach 120-130 zł/mb.

4.2 Wykorzystanie materiałów w ramach obiegu zamkniętego

Materiały budowlane w tym pozostałości rur po budowaniu rurociągu są często traktowane jako odpad. Większe ścinki są czasem wykorzystywane, jednak krótsze elementy są wyrzucane. Elementy ścinek metalowych są czasem oddawane do skupów. Jest to działanie niekorzystne zarówno pod względem ekologicznym jak i ekonomicznym. Aby zminimalizować niekorzystne skutki składowania rur można wykorzystać je w ramach gospodarki obiegu zamkniętego. Zarówno długie odcinki rur jak i krótkie mogą zostać wykorzystane praktycznie w 100%.

Pierwszą możliwością jest wykorzystanie pozostałych odcinków rur w czasie budowy innych odcinków wodociągowych. Dotyczy to głównie dłuższych odcinków rur, które w przypadku budowy rurociągów z żeliwa-sferoidalnego wykorzystane są do wyprodukowania np.: Prostek Bosych. Prostki Bose najczęściej mają długość między 0,6m-0,8m. W omawianych przypadkach można wyciąć takie prostki np. z odcinka o długości 1,9m. Dla dłuższych odcinków np. o długości 4,5m, można znaleźć wykorzystanie jako podstawowy element kolejnego budowanego rurociągu lub przyłącza do działek prywatnych.

Rury z żeliwa-sferoidalnego o większych średnicach mogą znaleźć również zastosowanie jako elementy osłonowe. Stanowią wówczas one osłonę rur wodociągowych, gazowych, kanalizacyjnych lub kabli elektrycznych zlokalizowanych pod drogami oraz przejazdami kolejowymi lub pod uzbrojeniem terenu np.: rury ciepłownicze. Według wytycznych MPWiK w Warszawie rury osłonowe powinny wystawać 1m z każdej strony pod przejściem kolejowym. W omawianych przypadkach wykorzystać można do tego celu rurę 4.5m lub zespawać krótsze odcinki rur. Spawania wiąże się jednak z nakładem energetycznym.

Rury polietylenowe ze względu na dłuższe odcinki: 38,6m oraz 14,6m mogą stanowić podstawowy element kolejnych odcinków sieci wodociągowych i kanalizacyjnych. Często z powodów prawnych np.: konieczności oddzielnego faktoringu, taki materiał nie może być wykorzystany w inwestycjach publicznych zleczanych np. przez MPWiK. Z takiego powodu po zakończeniu budowy mogą być one sprzedane klientowi indywidualnemu Na terenie Warszawy przyłącza wodociągowe i kanalizacyjne budowane są najczęściej z żeliwa z PE i PP. Daje to szeroki rynek zbytu dla rur polietylenowych długich i średnich. W omawianych przypadkach I i II wszystkie odcinki, poza bardzo niewielkimi mniejszymi od metra, mogą być wykorzystane do budowy prywatnych przyłączy wodociągowych.

Rury mogą być wykorzystane również w innych częściach sektora budowlanego. W budownictwie drogowym niezbędne jest budowanie przepustów. Przepustem pod drogą przepływa woda deszczowa oraz

wody z odwadniania drogi. Przepusty stanowią też drogę migracji dla zwierząt głównie płazów i gadów oraz przejść pod jezdnią dla małych zwierząt np. jeże, zające, ptactwo. Dzięki budowie przejść pod drogami nie zaburzamy naturalnych dróg migracji. Działanie takie jest niezbędne dla zachowania równowagi i prawidłowego funkcjonowania ekosystemu. Rury z żeliwa sferoidalnego mają wystarczającą wytrzymałość, aby móc przebiegać pod drogą. Można wykorzystać tu zarówno długie odcinki, jak i krótsze spawane ze sobą czołowo do długości spełniającej wymogi.

Podobnie krótkie odcinki rur można wykorzystać jako otwory w piwnicach lub innych wylewanych elementach budynku. W czasie wylewki umieszczamy rurę np. polietylenową o długości kilka procent większej od grubości ściany. Następnie po zalaniu zostanie otwór, dzięki któremu można będzie np. wyprowadzać kable lub zrobić wentylację w pomieszczeniu (rys. 11). Rury żeliwne można wykorzystać jako kominy przy budowaniu wędzarni lub grillów ogrodowych.



Rys. 11 Rura w piwnicy
Fig. 11 Pipe in the basement

Żeliwo-sferoidalne z rur może być również dobrym budulcem wykorzystanym jako zbrojenie do wylewki. Rury DN100 mają grubość ścianki 9mm oraz obwód zewnętrzny 640mm. Z takiej rury można wyciąć ponad 70 prętów o przekroju 9x9mm. W zależności od długości rur można je wykorzystać do wylewek betonowych jako zbrojenie. Mogą być jednak one stosowane jedynie w przypadku powierzchni betonowych nie przenoszących dużych obciążeń np. murki betonowe, fundamenty słupów i znaków drogowych. Z takich drutów można również zrobić płoty, koksowniki.

Zastosowanie można znaleźć również dla rur przeciętnych na pół. Można z nich zrobić rynny. Rury takie są odporne na korozję, wymywanie w większym stopniu niż beton. Połówki rur można wykorzystać jako element wzmacniaczy rynsztoku odprowadzającego wodę do studzienek. W takim przypadku rury kładło by się wzdłuż chodników i dróg, mocując je za pomocą cementu. Ze względu na gładką budowę wnętrza rury, woda w szybszy sposób spływałaby do studzienek, niż w przypadku bardziej chropowatych materiałów.

Połówki rur mogą być również wykorzystane jako progi zwalniające lub górne części murków ceglanych lub betonowych. Takie rury stanowią ochronę przed erozją od deszczu oraz umożliwią lepsze spływanie wody. Spawane czołowo elementy rur można wykorzystać jako podpory w kładkach lub mostach.

W portach oraz przystaniach istnieje problem związany z obijaniem się statków o keje oraz o burty innych statków. Jest to szczególnie niebezpieczne w czasie sztormu gdy jednostki pływająco dryfują z dużą prędkością. Do amortyzacji stosuje się często stare opony. W podobny sposób można wykorzystać rury z tworzyw sztucznych.



Rys. 12 Przykładowe wykorzystanie rur z żeliwa sferoidalnego
Fig. 12 Examples of application of ductile iron pipes

Na rys. 12 przedstawiono wykorzystanie rur żeliwnych o połączeniu kołnierzowym jako drabinki na siłowni. Rury takie mogą przenosić duże obciążenia. W przedstawionym przypadku są to 3m sztangi o średnicy DN100. Zastosowanie w sektorach poza budowlanych mają również rury PE lub PP. W parku wodnym Suntago rury polimerowe zostały wykorzystane jako pień sztucznych palm (rys. 13).



Rys. 13 Przykładowe wykorzystanie rur z PE lub PP
Fig. 13 Examples of application of PE or PP pipes

Rury zarówno polietylenowe jak i z żeliwa sferoidalnego mogą znaleźć zastosowanie obronne. Rury żeliwne odpowiednio zespane nadają się jako prowizoryczne zapory przeciwczołgowe. Odcinki

rur polietylenowych mogą być elementem wzmacniającym stropy, a także boki okopów.

Większe problemy mogą sprawiać bardzo krótkie odcinki mające do kilkunastu centymetrów. Elementy takie ciężko zastosować w czasie budowy innego odcinka sieci wodociągowej. Można je jednak wykorzystać jako materiał budowlany. Okrągłe około centymetrowe ścinki mogą służyć jako obejmy wzmacniające drewniane bale.

Rury kamionkowe o większej średnicy mogą mieć zastosowanie w bartnictwie lub jako ekologiczne ule pszczele w miastach. Obecnie populacja pszczół na całym świecie się zmniejsza, jednym ze sposobów zapobiegania temu niekorzystnemu trendowi jest tworzenie dla nich uli w miastach. Z rury o średnicy DN300 i wysokości do 1m można zrobić ul. Należy wyciąć niewielki otwór w boku rury, będzie on stanowił wejście. Konieczne jest również wykonanie dachu ula oraz zamocowanie go w podłożu. Jako dach można wykorzystać fragment blachy lub drewna obitego papą. Do podłoża rura może być przymocowana za pomocą zapraw betonowych.

Kolejną możliwością wykorzystania rury kamionkowej jest użycie jej jako zbiornika na wodę deszczową. Rurę taką należałoby postawić pionowo oraz umieścić np. wkopać przy ścianie domu, gdzie, do rury z rynnny wpływałaby woda. Końcówka rury przy ziemi byłaby zakończona korkiem ceramicznym i uszczelniona. Rura może być również całkowicie wkopana w ziemię, wówczas stanowiłaby ona górną część studni chłonnej.

5. Wnioski

- Polietylen jest korzystniejszy od żeliwa-sferoidalnego i kamionki pod kontem odpadów-pozostałego materiału. Ilość odcinków pozostałych po budowie rurociągu jest mniejsza od odcinków z żeliwa sferoidalnego.
- Żeliwo sferoidalne znalazło szersze zastosowanie w sektorach budownictwa, gdzie wymagana jest większa sztywność i wytrzymałość.
- Pozostałe odcinki rur kamionkowych mogą znaleźć szerokie zastosowanie w ogrodnictwie.
- Możliwość zgrzewania odcinków rur umożliwia wykorzystanie krótkich odcinków rur.
- Długie odcinki polietylenowe mogą zostać sprzedane np. inwestorom prywatnym.
- Należy rozważyć szersze stosowanie rur zgrzewalnych do budowy zarówno wodociągu jak i kanalizacji. ■

- [1] Dżugaj D., M. Niesobka B. Kaźmierczak. 2014 .Przegląd rur stosowanych w mikrotunelowaniu. W: Interdyscyplinarne zagadnienia w inżynierii i ochronie środowiska. Red. T.M. Traczewska, s. 228–236.
- [2] Górzynski S.: 1957 .”Z dziejów wodociągów i kanalizacji w dawnej Polsce” *Gaz, Woda i Technika Sanitarna* (9): 332–334.
- [3] Hornik S. , J. Dziura .: 2007. Polietylen jako tworzywo użyteczne we współczesnym gazownictwie, *Zeszyty Naukowe Akademii Ekonomicznej w Krakowie*, nr 745, s. 13-26.
- [4] <http://instnsani.pl/technik-inzynierii-sanitarnej/vademecum-instalacji-sanitarnych/wiadomosci-ogolne/rury-i-laczniki/rury-kamionkowe/>.
- [5] Jastrzębska E.:2017. Gospodarka o obiegu zamkniętym nowa idea czy stare podejście? Dobre praktyki społecznie odpowiedzialnych przedsiębiorstw. *Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu*.
- [6] Jural S., Z. Jural. Wpływ składu chemicznego i stopnia sferoidyzacji grafitu na własności mechaniczne żeliwa. *Katedra Odlewnictwa, Wydział Mechaniczny Technologiczny, Politechniki Śląskiej*.
- [7] Kledyński I. Z., A. Bogdan, W. Jackiewicz-Rek, K. Lelicińska-Serafin, A. Machowska, P. Manczarski, D. Masłowska, A. Rolewicz-Kalińska, J. Rucińska, T. Szczygielski, J. Walczak, M. Wojtkowska, M. Zubrowska-Sudoł. 2020 Condition of circular economy in Poland; *Archives of Civil Engineering*.
- [8] Kubaszek A., E. Milewska. 2017. *Gospodarka o Obiegu Zamkniętym drogą do Zrównoważonego Rozwoju*
- [9] Kuliczkowski A. 2021. *Badania i zastosowania rur kamionkowych w bezwykopowej budowie przewodów kanalizacyjnych*
- [10] Małecka I., J. Wira, Z.J. Małecki. 2015. Podatność wybranych rur polimerowych sieci i instalacji wodociągowych na obrosty mikrobiologiczne cz. ii *Zeszyty naukowe – inżynieria lądowa i wodna w kształtowaniu środowiska*.
- [11] Sierak J.. 2017 *Rozwój i przestrzenne zróżnicowanie upowszechnienia infrastruktury wodociągowo-kanalizacyjnej w Polsce w latach 1995–2016. Nierówności Społeczne a Wzrost Gospodarczy*, nr 49(1).
- [12] Sobota r., K. Jozsko , B. Gzik-Zroska , J. Markowski, E. Kawlewska. 2019. Ocena właściwości wytrzymałościowych materiałów na rurki Tracheostomijne.
- [13] WWF, 2016, *Living Planet Report 2016. Risk and resilience in a new era*, http://d31xsb0nj2b4l8.cloud-front.net/downloads/living_planet_report_2016_summary.pdf (25.06.2017).
- [14] Zespół Tworzyw Sztucznych, <http://www.tworzywa.pwr.wroc.pl/pl/dydaktyka/polietylen> dostęp 13 lipca 2020.
- [15] Ginsbert-Gebert A.,1976, *Infrastruktura i jej rola w rozwoju miast, Gospodarka miejska – wybrane zagadnienia*, cz. I, SGPiS, Warszawa.
- [16] Leśniak J., 1985, *Planowanie przestrzenne*, PWN, Warszawa.